

03560.003399.



PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:)	
	:	Examiner: NYA
KAZUHIRO MATSUMOTO)	
	:	Group Art Unit: NYA
Application No.: 10/705,910)	
	:	
Filed: November 13, 2003)	
	:	
For: X-RAY-TOMOGRAPHIC IMAGING)	
APPARATUS, X-RAY-TOMOGRA-	:	
PHIC IMAGING METHOD, AND)	
PROGRAM	:	February 5, 2004

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Sir:

In support of Applicant's claim for priority under 35 U.S.C. § 119, enclosed
is a certified copy of the following foreign application:

2002-342774, filed November 26, 2002.

Applicant's undersigned attorney may be reached in our New York office by

telephone at (212) 218-2100. All correspondence should continue to be directed to our address given below.

Respectfully submitted,



Attorney for Applicant

Registration No. _____

42,476

FITZPATRICK, CELLA, HARPER & SCINTO
30 Rockefeller Plaza
New York, New York 10112-3801
Facsimile: (212) 218-2200

NY_MAIN 406064v1

10/705, 910

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 1 月 2 6 日
Date of Application:

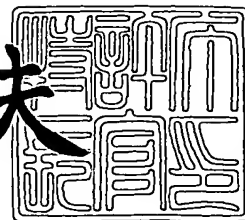
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 3 4 2 7 7 4
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 3 4 2 7 7 4]

出 願 人 キヤノン株式会社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 2 月 1 5 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 226320

【提出日】 平成14年11月26日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04N 5/32

【発明の名称】 放射線断層撮影装置、放射線断層撮影方法及びプログラム

【請求項の数】 21

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

【氏名】 松本 和弘

【特許出願人】

【識別番号】 000001007

【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代理人】

【識別番号】 100090273

【弁理士】

【氏名又は名称】 國分 孝悦

【電話番号】 03-3590-8901

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 035493

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9705348

【プルーフの要否】 要



【書類名】 明細書

【発明の名称】 放射線断層撮影装置、放射線断層撮影方法及びプログラム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 対象物中に設定された断層面に対し入射方向の異なる複数の放射線を入射させて得られる複数の放射線投影像により該断層面の画像データを得る放射線断層撮影装置であって、

前記放射線投影像を信号に変換すると共に該信号の非破壊読み出しが可能な固体撮像手段と、

前記複数の放射線投影像にわたって前記固体撮像手段に前記信号の累積を行わせると共に、該累積中に前記固体撮像手段に前記信号の非破壊読み出しを行わせる制御手段と

を有することを特徴とする放射線断層撮影装置。

【請求項 2】 前記制御手段は、前記固体撮像手段に前記信号の破壊読み出しと、該破壊読み出し前の前記累積中における前記信号の非破壊読み出しとを行わせることを特徴とする請求項 1 に記載の放射線断層撮影装置。

【請求項 3】 前記制御手段は、前記固体撮像手段に前記破壊読み出し及び前記非破壊読み出しからなる動作を複数回繰り返させることを特徴とする請求項 2 に記載の放射線断層撮影装置。

【請求項 4】 少なくとも 1 回の前記信号の読み出しにより得られた画像データに基づいて前記断層面の画像データを生成する断層像生成手段を有することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の放射線断層撮影装置。

【請求項 5】 前記断層像生成手段は、選択された複数回の前記信号の読み出しにより得られた複数の画像データに基づいて前記断層面の画像データを生成することを特徴とする請求項 4 に記載の放射線断層撮影装置。

【請求項 6】 所定の連続する 2 回の前記信号の読み出しにより得られた 2 つの画像データの減算により、前記対象物の放射線投影像の画像データを生成する投影像生成手段を有することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の放射線断層撮影装置。

【請求項 7】 前記信号の非破壊読み出しにより得られた画像データを該非

破壊読み出し毎に表示する表示手段を有することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の放射線断層撮影装置。

【請求項 8】 前記非破壊読み出し毎に前記固体撮像手段の利得を変更する利得変更手段を有することを特徴とする請求項 7 に記載の放射線断層撮影装置。

【請求項 9】 前記非破壊読み出し毎に前記画像データを異なる特性で階調変換する階調変換手段を有することを特徴とする請求項 7 に記載の放射線断層撮影装置。

【請求項 10】 断層撮影の終了の指示を入力するための入力手段と、前記入力手段からの指示に基づいて断層撮影を終了させる終了手段とを有することを特徴とする請求項 7 に記載の放射線断層撮影装置。

【請求項 11】 放射線像を信号に変換すると共に該信号の非破壊読み出しが可能な固体撮像手段を有し、対象物中に設定された断層面に対し入射方向の異なる複数の放射線を入射させて得られる複数の放射線投影像により該断層面の画像データを得る放射線断層撮影装置に適用される放射線撮影方法であって、

前記複数の放射線投影像にわたって前記固体撮像手段に前記信号の累積を行わせる累積制御工程と、

前記累積制御工程における前記信号の累積中に、前記固体撮像手段に前記信号の非破壊読み出しを行わせる読み出し制御工程と

を有することを特徴とする放射線断層撮影方法。

【請求項 12】 前記読み出し制御工程において、前記固体撮像手段に前記信号の破壊読み出しと、該破壊読み出し前の前記累積中における前記信号の非破壊読み出しとを行わせることを特徴とする請求項 11 に記載の放射線断層撮影方法。

【請求項 13】 前記読み出し制御工程において、前記固体撮像手段に前記破壊読み出し及び前記非破壊読み出しからなる動作を複数回繰り返させることを特徴とする請求項 12 に記載の放射線断層撮影方法。

【請求項 14】 少なくとも 1 回の前記信号の読み出しにより得られた画像データに基づいて前記断層面の画像データを生成する断層像生成工程を有することを特徴とする請求項 11 乃至 13 のいずれか 1 項に記載の放射線断層撮影方法

。

【請求項 1 5】 前記断層像生成工程において、選択された複数回の前記信号の読み出しにより得られた複数の画像データに基づいて前記断層面の画像データを生成することを特徴とする請求項 1 4 に記載の放射線断層撮影方法。

【請求項 1 6】 所定の連続する 2 回の前記信号の読み出しにより得られた 2 つの画像データの減算により、前記対象物の放射線投影像の画像データを生成する投影像生成工程を有することを特徴とする請求項 1 1 乃至 1 3 のいずれか 1 項に記載の放射線断層撮影方法。

【請求項 1 7】 前記信号の非破壊読み出しにより得られた画像データを該非破壊読み出し毎に表示手段に表示させる表示制御工程を有することを特徴とする請求項 1 1 乃至 1 3 のいずれか 1 項に記載の放射線断層撮影方法。

【請求項 1 8】 前記非破壊読み出し毎に前記固体撮像手段の利得の変更を制御する利得制御工程を有することを特徴とする請求項 1 7 に記載の放射線断層撮影方法。

【請求項 1 9】 前記非破壊読み出し毎に前記画像データに対する階調変換特性の変更を制御する階調制御工程を有することを特徴とする請求項 1 7 に記載の放射線断層撮影方法。

【請求項 2 0】 断層撮影の終了の指示を入力するための入力手段からの指示に基づいて断層撮影を終了させる終了工程を有することを特徴とする請求項 1 7 に記載の放射線断層撮影方法。

【請求項 2 1】 請求項 1 1 乃至 2 0 のいずれかに記載の放射線断層撮影方法を実行するためのプログラムコードを有することを特徴とする情報処置装置が実行可能なプログラム。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は放射線断層撮影に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

従来、X線フィルムを用いたX線断層撮影が行われている。このX線断層撮影では、X線ビームの中心とX線フィルムの中心とが常に一致するように、X線管球とX線フィルムとをその両者の間に配置された被検体に関して互いに反対方向に同期移動させながら複数回のX線曝射を行い、その各々のX線透過像を1枚のフィルムに多重露光させることにより、被検体の断層面付近以外に位置する構成物の画像をぼやけさせて断層面の画像を得ている。

【0003】

また、X線フィルムの代りにI. I. (イメージインテンシファイア)とTV撮像素子を用い、得られたデジタル画像データを加算して画像を再構成することにより、フィルム上で多重露光させた場合と同様の断層像を得るデジタル断層撮影装置も製品化されている。

【0004】

更に、下記特許文献1において、非破壊読み出し可能な固体撮像素子を備え、非破壊読み出しにより得られた画像の画素値に基づいて放射線曝射を停止し、曝射停止後固体撮像素子に蓄積された画像情報を読み出す放射線診断装置が開示されている。また、下記特許文献2において、非破壊読み出し可能なイメージセンサを備え、非破壊読み出しを利用して固定パターンノイズを除去する固体撮像装置の駆動方法が開示されている。

【0005】

【特許文献1】

特開平7-171142号公報

【特許文献2】

特許第2610438号明細書

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

撮像系としてX線フィルムを用いた従来のアナログ撮影の場合、断層撮影時のX線管球及びX線フィルムの軌道上の移動範囲は撮影前に予め決められている。従って、異なる移動範囲での断層画像を得たい場合には、再撮影を余儀なくされる。また、当然のことながら、撮影終了とほぼ同時に断層画像を観察することは

できない。

【0007】

一方、撮像系として I . I . と TV 撮像系との組合せを用いた従来のデジタル撮影の場合、撮影後に、X 線管球及び撮像系の軌道上の任意の一部の移動範囲における画像データを用いて断層画像を再構成することができる。しかし、再構成に必要な画像データの数に応じた回数の演算が必要とされるため、撮影終了後に断層画像を即時に表示することはできない。また、複数回の撮影を連続して行うので、前フレームの画像情報（電荷）が残像として次フレームの画像データに影響を及ぼし、画質が劣化することもある。更に、断層画像の再構成には、断層撮影工程で得られた複数枚の画像のデータをすべて記憶しておく必要がある。このため、極めて大きいフレームメモリ容量が必要とされる。

【0008】

本発明は、かかる問題点に鑑みてなされたものであって、対象物の断層面の画像データを効率的かつ効果的に取得できるようにすることを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本願の第 1 の発明に係る放射線断層撮影装置は、対象物中に設定された断層面に対し入射方向の異なる複数の放射線を入射させて得られる複数の放射線投影像により該断層面の画像データを得る放射線断層撮影装置であって、前記放射線投影像を信号に変換すると共に該信号の非破壊読み出しが可能な固体撮像手段と、前記複数の放射線投影像にわたって前記固体撮像手段に前記信号の累積を行わせると共に、該累積中に前記固体撮像手段に前記信号の非破壊読み出しを行わせる制御手段とを有することを特徴とする。

【0010】

本願の第 2 の発明に係る放射線断層撮影方法は、放射線像を信号に変換すると共に該信号の非破壊読み出しが可能な固体撮像手段を有し、対象物中に設定された断層面に対し入射方向の異なる複数の放射線を入射させて得られる複数の放射線投影像により該断層面の画像データを得る放射線断層撮影装置に適用される放射線撮影方法であって、前記複数の放射線投影像にわたって前記固体撮像手段に

前記信号の累積を行わせる累積制御工程と、前記累積制御工程における前記信号の累積中に、前記固体撮像手段に前記信号の非破壊読み出しを行わせる読み出し制御工程とを有することを特徴とする。

【0011】

本願の第3の発明に係る情報処置装置が実行可能なプログラムは、上記の放射線断層撮影方法を実行するためのプログラムコードを有することを特徴とする。

【0012】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態に係るX線デジタル断層撮影装置（放射線断層撮影装置）、X線デジタル断層撮影方法（放射線断層撮影方法）及びX線デジタル断層撮影プログラムについて、添付の図面を参照して具体的に説明する。

【0013】

（第1の実施形態）

先ず、本発明の第1の実施形態について説明する。図1は、本発明の第1の実施形態に係るX線デジタル断層撮影装置の概略の構成を示すブロック図である。

【0014】

このX線デジタル断層撮影装置では、被検体（対象物）2が寝台11上に載置される。寝台11の上方にはX線管12が配置されている。寝台11の下には、筐体（図示せず）内に収容されたX線検出器15が配置されている。X線検出器15は、例えば、固体撮像部13と、この固体撮像部13を駆動して被検体2のX線像を電気信号として読み出し、デジタル画像データを生成する撮像駆動部14とから構成されている。また、X線管12及びX線検出器15は揺動レバー16により互いに連結されており、被検体2内に設定された断層面21上の1点を中心に互いに逆方向に平行移動するように構成されている。以上のように断層撮影台1が構成されている。

【0015】

X線デジタル断層撮影装置には、更に、撮影制御器3、X線制御器4、撮影条件設定器5、高圧発生器6、信号処理装置7及び画像表示用モニタ8が設けられている。

【0016】

撮影制御器 3 は、断層撮影台 1 及び X 線制御器 4 等に指令を送信して、断層撮影の一連の工程を制御する。具体的には、撮影制御器 3 は、例えば、撮影時の X 線管 1 2 及び X 線検出器 1 5 の移動を制御すると共に、X 線制御器 4 及び撮像駆動部 1 4 へ夫々信号を送信して X 線曝射及び画像データ読み出しのタイミング等を制御する。撮影制御器 3 には、撮影開始スイッチ 3 1 及び撮影終了スイッチ 3 2 が接続されている。撮影制御器 3 は、例えば、後述の処理を行うための X 線デジタル断層撮影プログラムに基づいて動作するコンピュータを用いて構成することができる。

【0017】

撮影条件設定器 5 は撮影制御器 3 に接続されており、オペレータの操作等に基づいて種々の撮影条件を設定することができる。設定された撮影条件に基づいて、X 線制御器 4 により高圧発生器 6 が制御され、X 線管 1 2 に高圧発生器 6 から電圧が印加される。そして、所望の X 線が X 線管 1 2 から照射される。撮影制御器 3 により制御される X 線管 1 2 及び X 線検出器 1 5 の移動も、撮影条件設定器 5 から設定された撮影条件に基づいて行われる。

【0018】

信号処理装置 7 には、画像メモリ 7 1、演算器 7 2、階調調整器 7 3 及び画像処理指定器 7 4 が設けられている。X 線検出器 1 5 から出力されるデジタル画像データは信号処理装置 7 へ送信され、画像メモリ 7 1 に記憶される。信号処理装置 7 には画像表示用のモニタ 8 が接続されている。演算器 7 2 は、画像データの加算及び減算等の演算を行う。階調調整器 7 3 は、モニタ 8 に表示される画像の階調を調整する。画像処理指定器 7 4 は、撮影制御器 3 の指令に基づいて、画像メモリ 7 1、演算器 7 2 及び階調調整器 7 3 を制御する。画像処理指定器 7 4 は、例えば、画像メモリ 7 1 及び演算器 7 2 を制御し、画像メモリ 7 1 に記憶された画像データのうちから任意のデータを選択することが可能であり、演算器 7 2 は、選択された画像データの間で減算又は加算を画素毎に行うことが可能である。この演算の結果は、モニタ 8 に表示されたり、再び画像メモリ 7 1 に記憶されたりする。

【0019】

図2は、X線検出器15の構成を示す模式図である。固体撮像部13の形状は、例えば平坦なパネル状をなしている。固体撮像部13は、図2に示すように、被検体2を透過したX線を電荷に変換する光電変換部を含むX線検出層131、及びX線検出層131に発生した電荷を読み出すためのマトリックス状のTF T（薄膜トランジスタ）を含むTF T層132がガラス基板133上に形成されて構成されている。

【0020】

また、撮像駆動部14には、TF T層132を介して読み出された電気信号を増幅するアンプ141、アンプ141の出力信号（アナログ信号）をデジタル信号に変換するA/D変換器142、制御回路143、A/D変換器142により変換されたデジタル信号にフレーム番号等を付け加えてデジタル画像データを出力する加算器144が設けられている。制御回路143は、例えば、X線の照射によりX線検出層131で生成された電荷を順次読み出すためのTF T層132における各TF Tのスイッチング、A/D変換器142及び加算器144の動作、並びにアンプ141の利得等を制御する。このような撮像駆動部14及び固体撮像部13が筐体に収容され、これらからX線検出器15が構成されている。

【0021】

X線検出層131は、例えばヨウ化セシウム（CsI）層及びフォトダイオード層から構成される。入射X線はCsI層で蛍光に変換され、変換された光は、柱状結晶構造を備えたCsIにより導光され、下層のフォトダイオード層に導かれる。フォトダイオード層には、画素に対応するフォトダイオードがマトリクス状に形成されている。

【0022】

フォトダイオードでは、光から電荷への変換がなされ、変換された電荷は例えばコンデンサ等に蓄積される。蓄積された電荷はTF T層132のTF Tを介して、電気信号として画素毎に順次読み出される。尚、固体撮像部13は、蓄積された電荷の量を実質的に保存したまま（すなわち蓄積された電荷を実質的に放電させずに）当該蓄積電荷量を読み取る非破壊読み出しと、蓄積された電荷を放電

させて蓄積電荷量を読み取る破壊読み出しとの双方が可能に構成されている。また、制御回路 143 の制御により、固体撮像部 13 からの破壊読み出し及び非破壊読み出しのいずれかが選択可能となっている。

【0023】

ところで、非破壊読み出しが不可能な固体撮像素子の場合、撮像状態にあると、素子の各画素にはその入射光量に応じた電荷が蓄えられ、この蓄積された電荷が電気信号として素子の外部に取り出された時点で素子内部には電荷がなくなる。このため、一旦電荷が読み出されると、その後に読み出すことが可能な電荷は、その後に生成され蓄積されたもののみである。

【0024】

一方、非破壊読み出しが可能な固体撮像素子では、蓄積された電荷が電気信号として読み取られても、当該蓄積電荷は読み出されない。従って、電荷の蓄積動作を継続しながら、蓄積途中の各画素の電荷量に比例する出力を得ることができる。

【0025】

次に、上述のように構成された本実施形態に係る X 線デジタル断層撮影装置の動作について説明する。

【0026】

先ず、撮影の準備として、診断上の所望の断層画像を得るべく、オペレータが断層撮影条件を撮影条件設定器 5 から設定する。主な条件は、例えば、管電圧、管電流及び X 線照射時間等の X 線照射条件並びに撮影角度範囲及び撮影回数等の撮影条件である。

【0027】

図 3 は、第 1 の実施形態における撮影条件の例を示す模式図である。この撮影条件では、断層面 21 の中心を通る鉛直線 G を中心にして、被検体（人体）2 の上下それぞれに 45 度の範囲、即ち合計で 90 度の範囲を撮影角度範囲と設定する。また、X 線管 12 の位置（X 線照射角度）に関し、位置 P₁ を撮影開始地点と設定し、位置 P_{2n} を撮影終了地点と設定する。従って、X 線管 12 が位置 P₁ にあるときに断層撮影が開始された後、X 線管 12 が位置 P_{2n} に到達したときに

断層撮影が終了する。この断層撮影の間、X線管 12 は位置 P_n を経由する。そして、上述のような被検体 2 の断層撮影では、位置 P_1 から位置 P_{2n} までの円弧を $2n-1$ 等分する各位置 (P_1 、 P_2 、 \dots 、 P_{2n-1} 、 P_{2n}) でパルス X 線が照射され、結果として $2n$ 回の X 線照射が行われる。尚、ここで、X 線管 12 の位置は、図から明らかなように、X 線照射角度に対応する当該円弧状の位置で表現されている。

【0028】

撮影角度範囲は、主に断層面の厚さに基づいて決定され、撮影回数は、主に断層画像の画質に基づいて決定され、管電圧及び管電流は、主に撮影部位に基づいて決定される。また、管電流、X 線照射時間及び撮影回数は、相互に関係して決定される。これは、固体撮像素子の 1 画素に蓄積可能な最大電荷量は一定であり、1 回の X 線照射で画素に蓄積される電荷量は主に管電流及び X 線照射時間により決定されるためである。つまり、1 画素に蓄積可能な最大電荷量に対応する放射線量以上の放射線が照射されるような撮影条件下での断層撮影では、有益な断層画像を取得することができないからである。このような考え方は、従来の X 線フィルムを使用したアナログ断層撮影の場合と同様である。

【0029】

そして、本実施形態では、例えば、腹部の断層撮影中に X 線曝射が $2n$ 回行われるものとして、管電圧 V を V_1 、管電流 I を I_1 、X 線照射時間 T を T_1 に設定し、 $2n$ 回の曝射中、これらの各条件は一定にしておく。また、曝射毎の固体撮像部 13 からの信号読み出しが非破壊読み出しにより行われるように条件を設定しておく。

【0030】

その後、断層撮影が開始される。図 4 は、図 3 に示す撮影条件に基づく撮影方法を示すフローチャートである。当該撮影方法は撮影制御器 3 の制御下で実行される。この断層撮影に当たっては、先ず、オペレータにより撮影開始スイッチ 31 が押され（オンされ）たかが判断され、肯定的な判断がなされた場合にはステップ S2 に処理が進められ、否定的な判断がなされた場合にはステップ S1 の判断処理が所定のタイミングで繰り返される（ステップ S1）。ステップ S2 では

、撮影制御器 3 は断層撮影台 1、X線制御器 4 及び撮像駆動部 14 へ撮影に必要な指令を送信し、各ユニットの作動を制御する。ここで、断層撮影台 1 内に設けられた駆動部（図示せず）を制御する制御信号が断層撮影台 1 へ送信され、揺動レバー 16 で互いに連結された X 線管 12 及び X 線検出器 15 が、図 1 の位置から点線の矢印が示す方向へ向かって移動する。

【0031】

また、ステップ S3 では、X 線照射条件及び撮影開始信号が上述の断層撮影台 1 における移動と同期して X 線制御器 4 へ送信され、X 線制御器 4 は高圧発生器 6 を作動させて管電圧 V_1 、管電流 I_1 及び照射時間 T_1 の X 線パルス を X 線管 12 から照射させる。

【0032】

更に、ステップ S4 では、撮像駆動部 14 内の制御回路 143 へ撮影条件及び撮影開始信号等が送信され、制御回路 143 は上述の X 線パルスの照射と同期して、固体撮像部 13 及び撮像駆動部 14 内の各部の動作を制御する。ここで、X 線パルスの照射が終了すると、制御回路 143 は、TF T 層 132 中のスイッチング素子を作動させて、被検体 2 を透過した X 線像に対応した電荷分布を読み取る。

【0033】

ここで、前述のように、当該読み取りは非破壊読み出しで行われるよう設定されているため、X 線管 12 による位置 P_i ($1 \leq i \leq 2n$) での X 線照射に対応して、1 フレーム分の画像信号 A_i ($1 \leq i \leq 2n$) が非破壊読み出しにより得られる。

【0034】

続いてステップ S5 において、読み出された電気信号は、予め設定されているアンプ 141 の利得に従って増幅された後、A/D 変換器 142 によってデジタル信号に変換される。そして、1 フレーム分のデジタル画像信号にフレーム番号及び撮影条件等の付与情報が加算器 144 により付与されて、デジタル画像データ D_i ($1 \leq i \leq 2n$) が生成される。デジタル画像データ D_i は画像メモリ 71 へ送信されて記憶される。

【0035】

ところで、上述の各曝射後に読み出された画像信号 A_i は、従来のアナログ断層撮影の場合と同様に、撮影開始から当該照射までの間に行われた全照射により蓄積された電荷の総和となる。従って、図5に示すように、デジタル画像データ D_i は当該照射も含めた以前の各照射のみにより得られるべき画像データを加算したものと同等なものとなる。よって、画像データ D_i はその時点での断層画像データとなる。そして、最終照射地点である位置 P_{2n} でのX線照射に基づく処理が完了したかが判断され、否定的な判断がなされるとステップS2へ処理が戻され、肯定的な判断がなされると断層撮影が終了する（ステップS6）。尚、以上の断層撮影フローにおいて、ステップS2～S5の処理は $2n$ 回行われ、第 i 回（ $1 \leq i \leq 2n$ ）の処理はX線管の位置 P_i （ $1 \leq i \leq 2n$ ）に対応して行われる。このようにして位置 P_{2n} での非破壊読み出しにより得られたデジタル画像データ D_{2n} が、最終断層画像データとなる。

【0036】

このようにして、X線デジタル断層撮影が行われる。

【0037】

次に、画像データの処理について説明する。

【0038】

本実施形態では、撮影の準備として、X線パルスの照射毎に得られる断層画像をリアルタイム表示するか否か、最終断層画像を表示するか否か等の設定も、オペレータが撮影条件設定器5から入力することができるようになっている。ここでは、リアルタイム表示が最終断層画像が表示されるまで行われるように設定されているものとする。この場合、当該設定指令が撮影制御器3から画像処理指定器74へ送信され、画像処理指定器74は画像メモリ71及び階調調整器73を以下のように制御する。

【0039】

画像メモリ71へ送信され、記憶される画像データ D_i は、記憶されると同時にリアルタイムで階調調整器73を経由してモニタ8へ送信される。モニタ8では、画像データ $D_1 \sim D_{2n}$ に対応した被検体2の断層画像 $M_1 \sim M_{2n}$ が、X線照射

毎にリアルタイムで連続表示される。従って、X線管12が位置 P_1 にある斜入撮影画像 M_1 から次第により高画質の断層画像へ変化していく様子を撮影中にリアルタイムで観察することができ、X線管が位置 P_{2n} にあるときのX線照射が終了した直後に、最終的な断層画像を観察することができる。

【0040】

表示される断層画像 $M_1 \sim M_{2n}$ は、階調調整器73によって画像データ $D_1 \sim D_{2n}$ に階調処理が施されたものであり、連続して表示される画像の変化が観察しやすいように配慮されている。

【0041】

即ち、画像データの各画素値がモニタ8により所定の輝度値で表示されるように各画素値を変換する参照テーブル（以下、ルックアップテーブル又はLUTという。）として、画像データ毎に異なるテーブルが使用されている。図6に、LUTの一例を示す。

【0042】

図6中、 L_{2n} で示されたLUTは、最終断層画像データ D_{2n} の表示用である。このLUTでは、最小画素値0、最大画素値 g に対して、夫々最小輝度値0、最大輝度値 d が対応しており、かつ全体として線形な階調変換特性となるように設定されている。尚、ここでは最大画素値を最大輝度値に対応させているが、最大画素値を最少輝度値に対応させるようにしてもよい。

【0043】

一方、 L_1 で示されたLUTは、最初の断層画像データ D_1 の表示用である。このLUTでは、最小画素値0、画素値 $g/2n$ に対して、夫々最小輝度値0、最大輝度値 d が対応しており、 $g/2n$ 以下の画素値に対しては線形な階調変換特性となるように設定され、かつ $g/2n$ 以上の画素値には最大輝度値 d が対応するように設定されている。

【0044】

一般に、 L_i で示されたLUTは、断層画像データ D_i の表示用であり、このLUTでは、最小画素値0、画素値 $g_i/2n$ に対して、夫々最小輝度値0、最大輝度値 d が対応し、 $g_i/2n$ 以下の画素値に対しては線形な階調変換特性とな

るように設定され、かつ $g_i / 2^n$ 以上の画素値には最大輝度値 d が対応するように設定されている。これらの LUT の線形部分の勾配は、図 6 に示すように、変化している。

【0045】

このような 2^n 個の LUT を使用して画像を表示することにより、断層撮影中の早い段階で取得された画像の濃度レベルが低くならず、さらにどの段階においてもコントラストの良好な画像を表示できるので、画像の変化がより観察しやすくなる。

【0046】

ところで、従来のデジタル断層撮影ではパルス X 線による撮影（破壊読み出し）が連続して行われているので、各画像の正確性が、直前に行われた撮影に起因する、いわゆる残像によって低下する場合がある。この現象は、破壊読み出し後に読み残しの電荷が存在し、かつ撮影間隔が短い場合等において当該残存電荷がほとんど減少しない場合に発生する。

【0047】

これに対し、本実施形態によれば、電気信号の読み出しの全てを非破壊読み出しで行っているので、上述のような残存電荷の問題がなく、よって残像の影響を受けることがない。このため、常に正確な画像を得ることが可能である。

【0048】

なお、複数の X 線パルスを使用せずに、断層撮影中に X 線を連続照射するようにしてもよい。また、最後に X 線を照射した後の固体撮像部 13 からの電気信号の読み出しを、非破壊読み出しではなく、破壊読み出しで行ってもよい。

【0049】

更に、画像表示の際に使用される LUT は、例えば連続する複数の画像データ D_i に対して 1 つの LUT を使用するようにしてもよく、必ずしも曝射回数分の数だけ LUT を用意しておく必要はない。また、その関数（階調変換関数）も上述のものには限定されず、オペレータの好み等により自由に設定してもよい。また、読み出された電気信号をアンプ 141 により増幅する際の利得を変更設定可能にし、X 線照射回数又は X 線照射量等に応じて当該利得が変化するように設定

してもよい。このように利得を可変とすることにより、1つのLUTで第1の実施形態と同様の効果が得られる。

【0050】

また、オペレータがモニタ8にリアルタイムで連続表示される断層画像を観察しつつ、 $2n$ 回のX線照射が全て終了する前に十分な画質の断層画像が取得できていると判断した場合には、その時点で撮影を終了してもよい。この場合、オペレータが撮影終了スイッチ32を押せばよく、撮影終了スイッチ32が押されると、撮影制御器3からX線制御器4へ撮影終了指令が送信され、X線管12からのX線照射が終了する。このように、撮影時間を短縮することにより、被検体（人体等）2の不要な被曝を回避することができる。

【0051】

また、画像メモリ71に記憶される途中の断層画像データを画像表示後に消去するように構成してもよく、この場合、メモリ容量を削減することが可能となる。

【0052】

更に、取得したデジタル画像データを処理する方法も、上述のものに限定されるものではない。ここで、他の処理方法について、図1を参照しながら説明する。

【0053】

本実施形態に係るX線断層撮影装置では、前述のように、画像メモリ71に記憶された画像データ $D_1 \sim D_{2n}$ のうち任意のデータ間の減算又は加算を画素毎に行い、その画像データをモニタ8に表示したり、再び画像メモリ71に記憶したりすることが可能である。このような任意の画像データ間の演算により、任意の撮影角度範囲での断層画像や所定の一方向からの投影画像の再構成を比較的少ない演算回数で実現することができる。

【0054】

例えば、図7に示すように、 $(D_{n-k}) + (D_{2n} - D_{n+k})$ の演算により得られる画像データは、X線管12が位置 P_{n-k+1} から位置 P_{n+k} にあるときのX線照射に依らない断層画像データとなる。図7に示すように、被検体2の体内にある金



属片 22 等の異物が断層面 21 よりも X 線管 12 側にあるような場合、断層撮影中に得られた画像データの一部を使用せずに断層画像を再構成することにより、図 7 中の金属片 22 等の異物の影響のない断層画像を再構成することが可能となる。この結果、正確な断層画像を得ることができる。

【0055】

また、例えば $(D_{2n} - D_{2n-1})$ 、 $(D_n - D_{n-1})$ 等の断層撮影時に互いに連続する非破壊読み出しで得られた画像データ間の画素毎の差分データは、夫々 X 線管 12 が位置 P_{2n} 、位置 P_n 等にあるときの斜入又は通常撮影で得られる画像データに相当する。このような演算を行って、互いに連続する 2 回の非破壊読み出しで得られた画像データ間の差分を行うことにより、従来のデジタル断層撮影により得られる再構成前の各画像データと同等な画像データを得ることも可能である。

【0056】

(第 2 の実施形態)

次に、本発明の第 2 の実施形態について説明する。第 2 の実施形態における X 線断層撮影装置の構成及び画像データの処理方法は、第 1 の実施形態と基本的に同様であるが、断層撮影を行う際の撮影条件及び制御方法が相違している。

【0057】

第 1 の実施形態と同様に、先ず、撮影の準備として、オペレータが断層撮影条件を撮影条件設定器 5 から設定する。主な条件は、例えば、管電圧、管電流及び X 線照射時間等の X 線照射条件並びに撮影角度範囲及び撮影回数等の撮影条件である。

【0058】

図 8 は、第 2 の実施形態における撮影条件の例を示す模式図である。この撮影条件では、断層面 21 の中心を通る鉛直線 G を中心にして、被検体 2 の上下それぞれに 45 度の範囲、即ち合計で 90 度の範囲を撮影角度範囲と設定する。また、この撮影角度範囲を更に 30 度程度ずつの第 1、第 2 及び第 3 の撮影範囲に分割しておく。また、X 線管 12 の位置として、位置 P_{11} を撮影開始地点と設定し、位置 P_{3m} を撮影終了地点と設定する。X 線管 12 の位置と各撮影範囲との関係



については、位置 P_{11} から位置 P_{1m} までが第 1 の撮影範囲であり、位置 P_{21} から位置 P_{2m} までが第 2 の撮影範囲であり、位置 P_{31} から位置 P_{3m} までが第 3 の撮影範囲である。従って、X 線管 12 が位置 P_{11} にあるときに断層撮影を開始し、位置 P_{3m} での撮影が終了したときに断層撮影を終了する。そして、上述のような被検体 2 の断層撮影では、位置 P_{11} から位置 P_{3m} までの円弧を $2n-1$ 等分する各位置 (P_{11} 、 P_{12} 、 \dots 、 P_{3m-1} 、 P_{3m}) でパルス X 線が照射され、結果として $2n$ 回 ($=3m$ 回) の撮影が行われる。

【0059】

そして、本実施形態では、例えば、1 撮影範囲当たり、腹部の断層撮影中に撮影が $2n/3$ 回 ($=m$ 回) 行われるものとして、管電圧 V 及び X 線照射時間 T は、第 1 の実施形態と同じく V_1 、 T_1 に設定し、管電流 I は I_1 の 3 倍である I_3 に設定し、 $2n$ 回 ($=3m$ 回) の曝射中、これらの各条件は一定にしておく。また、曝射毎の信号の読み出しは、各撮影範囲の最後の読み出しは破壊読み出しにより行われ、他の読み出しは非破壊読み出しにより行われるように条件を設定しておく。

【0060】

その後、断層撮影が開始される。図 9 は、図 8 に示す撮影条件に基づく撮影方法を示すフローチャートである。この断層撮影に当たっては、先ず、オペレータにより撮影開始スイッチ 31 が押されたかが判断され、肯定的な判断がなされた場合にはステップ S12 に処理が進められ、否定的な判断がなされた場合にはステップ S11 の判断処理が所定のタイミングで繰り返される (ステップ S11)。ステップ S12 では、X 線管 12 及び X 線検出器 15 の移動制御が実行される。

【0061】

また、管電圧 V_1 、管電流 I_3 、照射時間 T_1 の X 線パルスが上述の X 線管 12 及び X 線検出器 15 の移動と同期して X 線管 12 から照射される (ステップ S13)。

【0062】

そして、X 線パルスの照射が終了すると、被検体 2 を透過した X 線像に対応し

た電荷分布が電気信号として読み出される。但し、第1の撮影範囲内では、第1の撮影範囲の最終曝射、即ちX線管12が位置 P_{1m} にあるときの曝射後に行われる読み出しのみが破壊読み出しで行われ（ステップS17、S14b）、それ以外の位置 $P_{11} \sim P_{1(m-1)}$ での曝射後の読み出しは、非破壊読み出しで行われる（ステップS17、14a）。このようにして、X線管12が位置 P_{11} から位置 P_{1m} まで移動する間の各X線照射に対応して、1フレーム分の画像信号 A_{1i} が得られる。このとき、電気信号 A_{1m} が破壊読み出しにより得られると、固体撮像部13の各画素内の電荷の大部分は消滅する。

【0063】

第1の撮影範囲において読み出された電気信号は、予め設定されているアンプ141の利得に従って増幅された後、A/D変換器142によってデジタル信号に変換される。そして、1フレーム分のデジタル画像信号に付与情報が加算器144により付与されて、デジタル画像データ D_{1i} が生成される。デジタル画像データは画像メモリ71へ送信されて記憶される（ステップS15）。

【0064】

そして、最終撮影地点である位置 P_{3m} でのX線照射に基づく処理が完了したかが判断され（ステップS16）、否定的な判断がなされるとステップS12へ処理が戻される。その後、第2の撮影範囲内での断層撮影が行われる。第2の撮影範囲内での断層撮影においても、第1の撮影範囲の場合と同様に、各撮影範囲の最終曝射、即ちX線管12が位置 P_{2m} にあるときの曝射後に行われる読み出しのみが破壊読み出しで行われ（ステップS17、S14b）、それ以外の位置 $P_{21} \sim P_{2(m-1)}$ での照射後の読み出しは、非破壊読み出しで行われる（ステップS17、14a）。その後、同様にして、ステップS16を経て、第3の撮影範囲内での断層撮影が行われる。

【0065】

そして、最終撮影地点である位置 P_{3m} でのX線照射に基づく処理が終了すると、断層撮影が終了する（ステップS16）。

【0066】

このような撮影方法によれば、最終的に、 $2n (= 3m)$ フレーム分のデジタ

ル画像データ $D_{11} \sim D_{3m}$ が、第 1 の実施形態と同様に、画像メモリ 71 に記憶される。そして、本実施形態では、 $(D_{1m} + D_{2m} + D_{3m})$ の演算により得られる画像データが最終的な断層画像データとなる。本実施形態では、X線管の管電流が第 1 の実施形態の 3 倍となり、従って X 線照射線量が 3 倍となるので、より高い画質の断層画像が得られる。

【0067】

本発明の実施形態は、上述のように、撮影制御器 3 としてのコンピュータ（情報処理装置）がプログラムを実行することにより装置の各部を制御することによっても実現することができる。よって、係るプログラム自体、係るプログラムをコンピュータに供給するための手段、例えば係るプログラムを記録した CD-ROM 等のコンピュータ読み取り可能な記録媒体、及びかかるプログラムを伝送するインターネット等の伝送媒体等も本発明の実施形態に含まれる。上記のプログラム、記録媒体、伝送媒体及びプログラムプロダクトは、本発明の範疇に含まれる。

【0068】

【発明の効果】

以上詳述したように、本発明によれば、対象物の断層面の画像データを効率的かつ効果的に取得することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施形態に係る X 線デジタル断層撮影装置の概略の構成を示すブロック図である。

【図 2】

X 線検出器 15 の構成を示す模式図である。

【図 3】

第 1 の実施形態における撮影条件の例を示す模式図である。

【図 4】

図 3 に示す撮影条件に基づく撮影方法を示すフローチャートである。

【図 5】

デジタル画像データの内容を示す模式図である。

【図 6】

L U T の一例を示すグラフである。

【図 7】

金属片 2 2 とデジタル画像データの内容との関係を示す模式図である。

【図 8】

第 2 の実施形態における撮影条件の例を示す模式図である。

【図 9】

図 8 に示す撮影条件に基づく撮影方法を示すフローチャートである。

【符号の説明】

2 0 0 ; イメージスキャナ部

1 ; 断層撮影台

2 ; 被検体

3 ; 撮影制御器

4 ; X 線制御器

5 ; 撮影条件設定器

6 ; 高圧発生器

7 ; 信号処理装置

8 ; モニタ

1 2 ; X 線管

1 3 ; 固体撮像部

1 4 ; 撮像駆動部

1 5 ; X 線検出器

2 1 ; 断層面

2 2 ; 金属片

3 1 ; 撮影開始スイッチ

3 2 ; 撮影終了スイッチ

7 1 ; 画像メモリ

7 2 ; 演算器

7 3 ; 諧調調整器

7 4 ; 画像処理指定器

1 4 1 ; アンプ

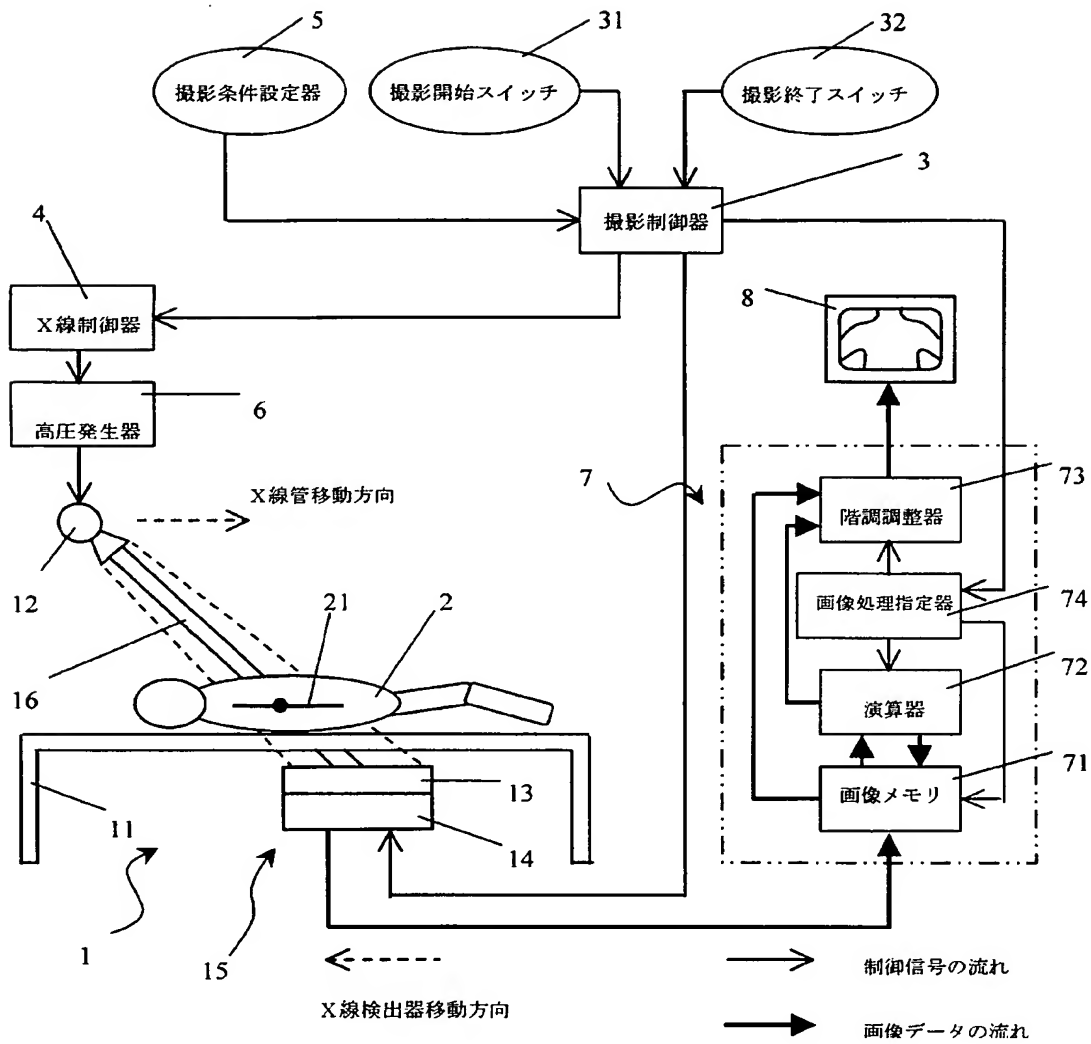
1 4 2 ; A / D 変換器

1 4 3 ; 制御回路

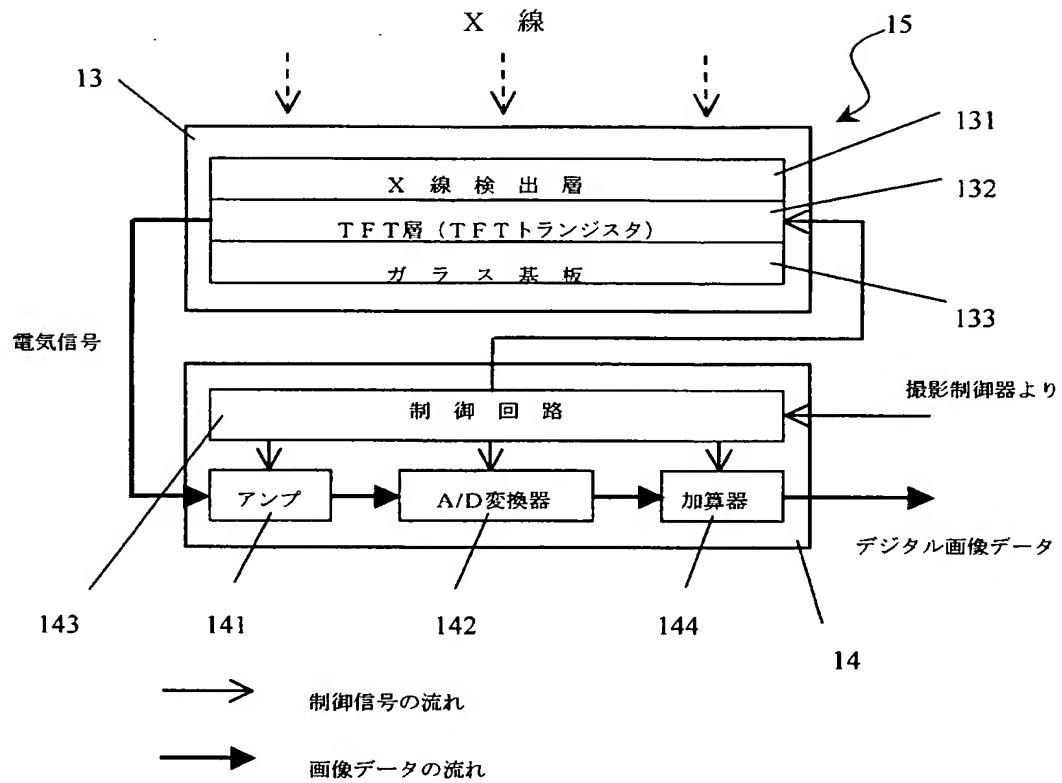
1 4 4 ; 加算器

【書類名】 図面

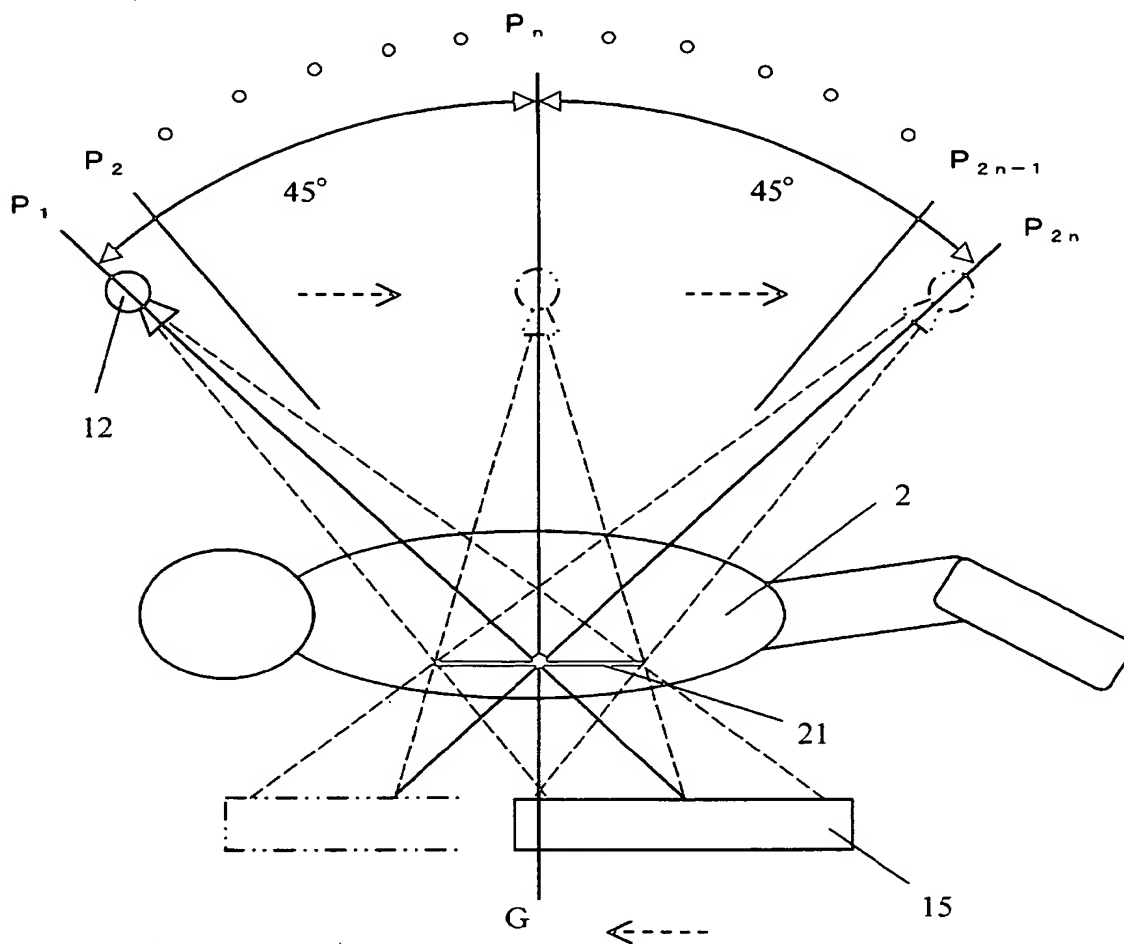
【図 1】



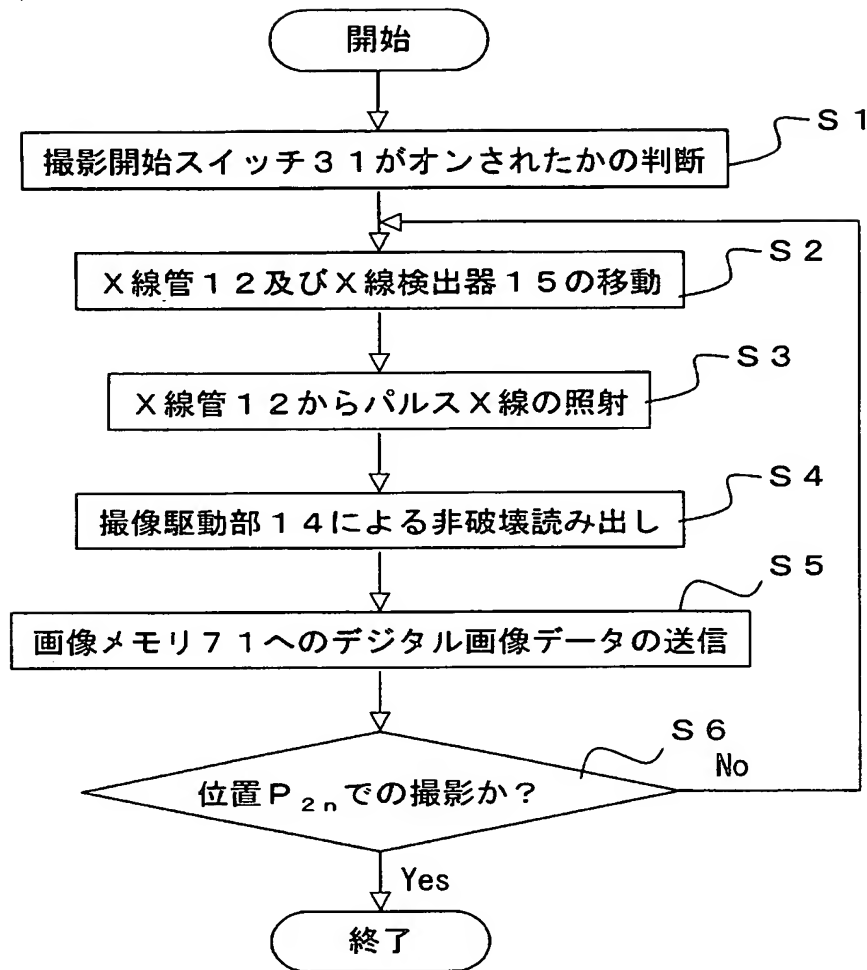
【図 2】



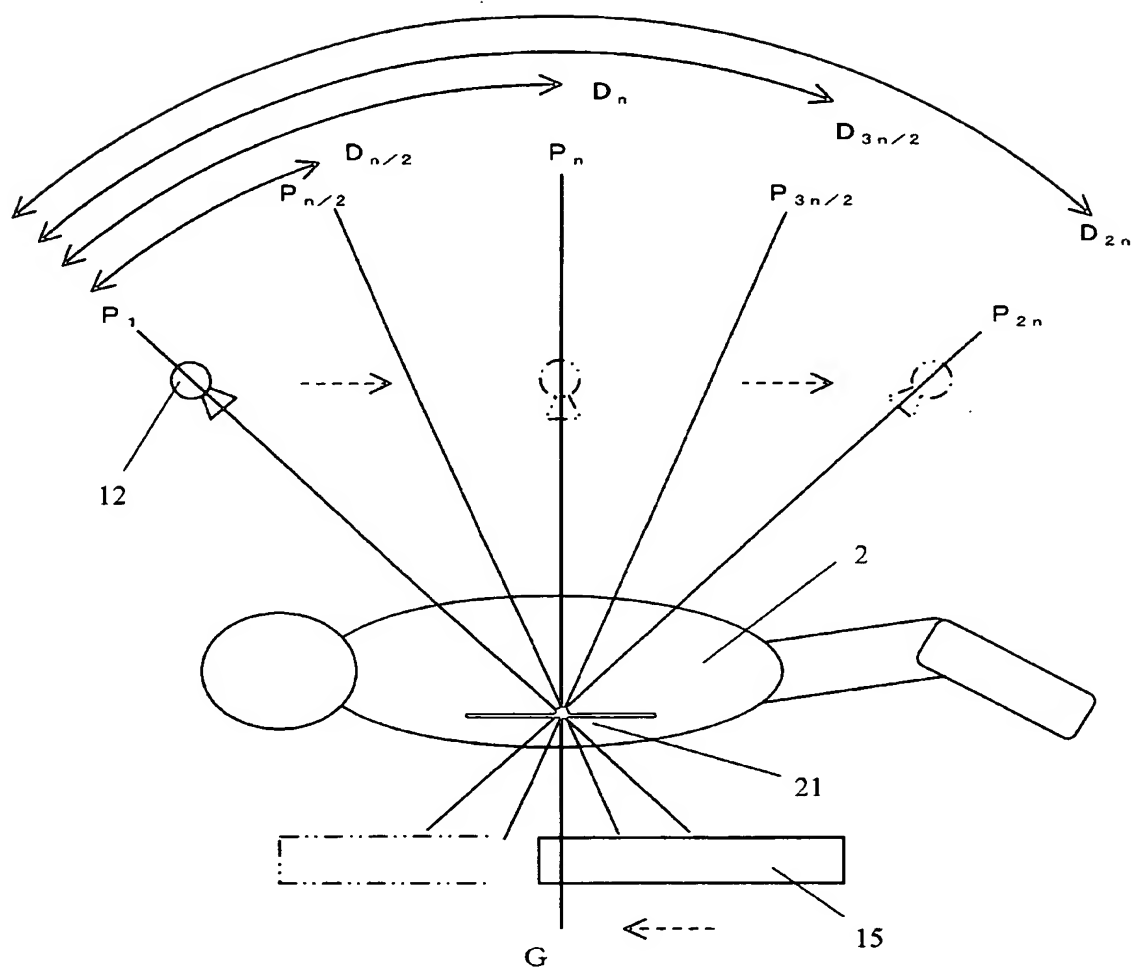
【図 3】



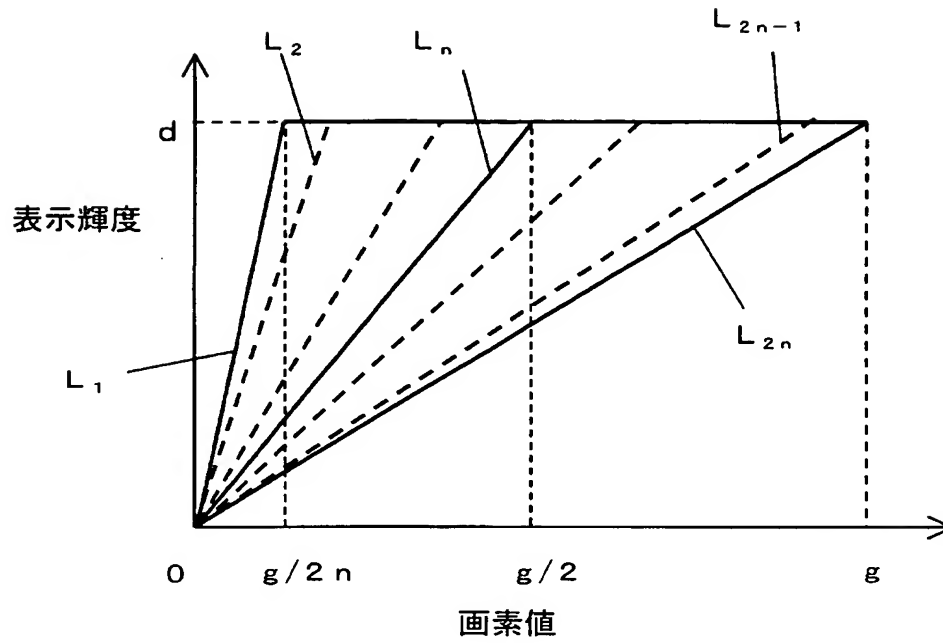
【図 4】



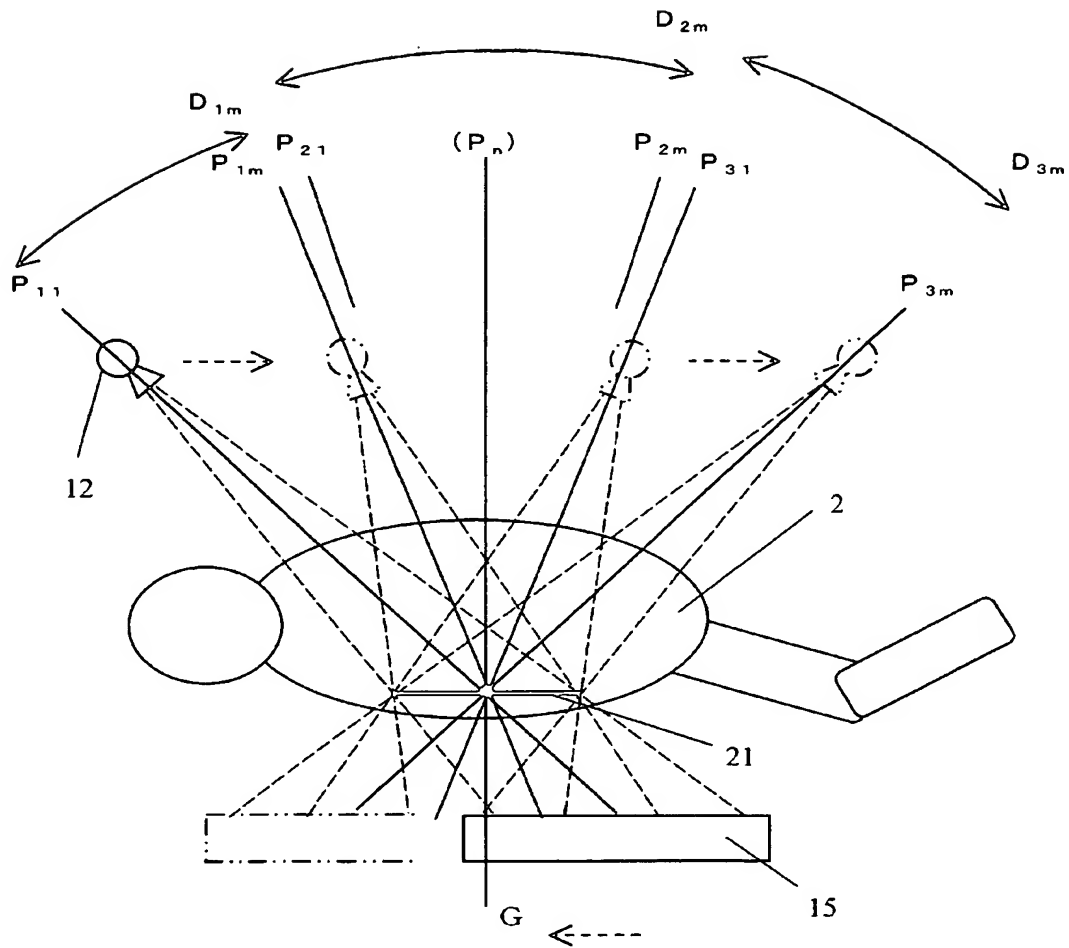
【図 5】



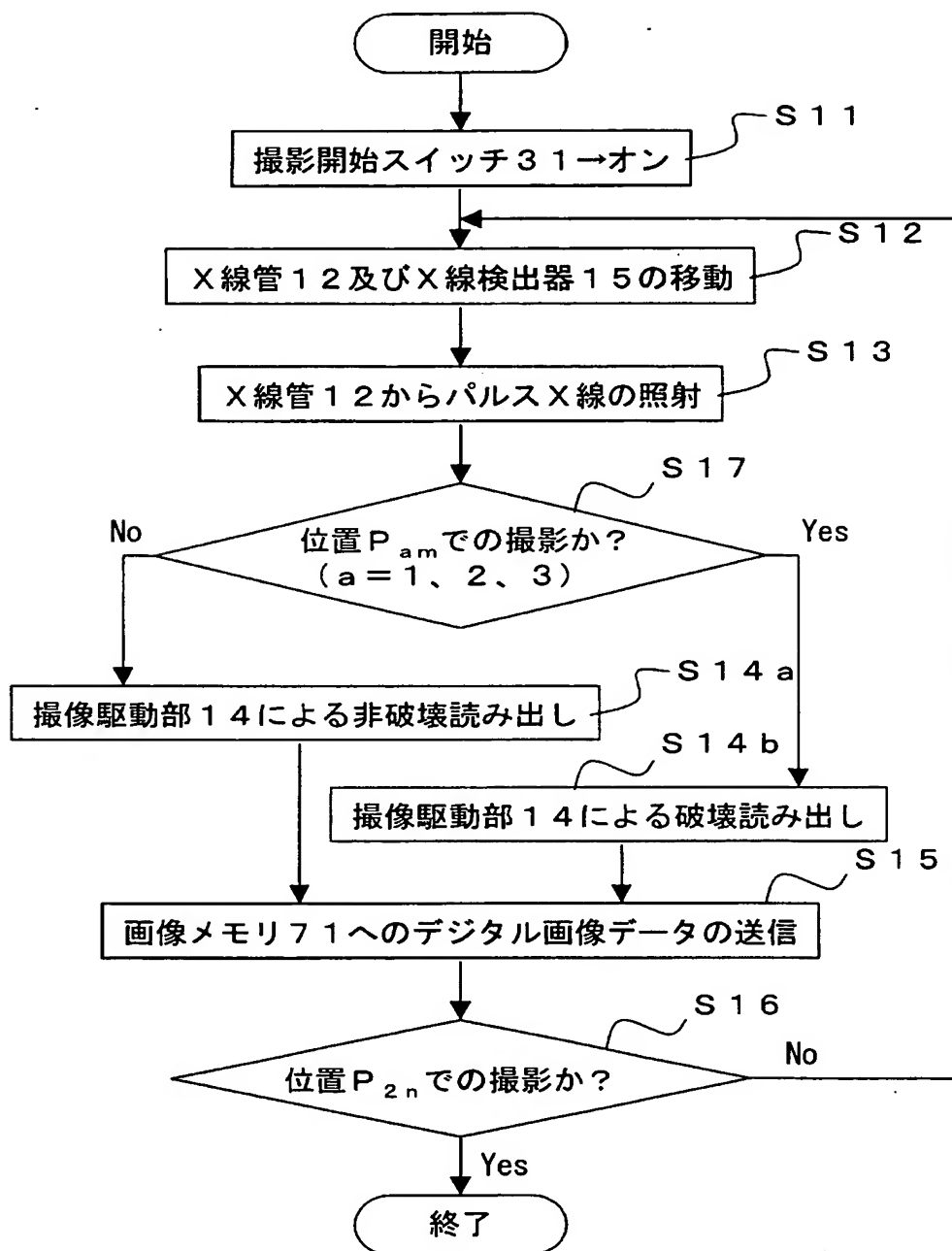
【図 6】



【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 対象物の断層面の画像データを効率的かつ効果的に取得できるようにすること。

【解決手段】 対象物中に設定された断層面に対し入射方向の異なる複数の放射線を入射させて得られる複数の放射線投影像により該断層面の画像データを得る放射線断層撮影装置であって、放射線投影像を信号に変換すると共に信号の非破壊読み出しが可能な固体撮像手段と、複数の放射線投影像にわたって固体撮像手段に信号の累積を行わせると共に、信号累積中に固体撮像手段に信号の非破壊読み出しを行わせる制御手段とを有する放射線断層撮影装置等とする。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 3 4 2 7 7 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 1 0 0 7]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号

氏 名

キャノン株式会社